

EXERCICES TYPE BAC TITRAGE

Exercice 1 LE KÉTOPROFRÈNE

Le kétoprofène fait partie de la famille des médicaments anti-inflammatoires non stéroïdiens, comme l'ibuprofène. Il est utilisé à faible dose dans le traitement de la fièvre et de douleurs, et comme anti-inflammatoires à des doses plus élevées.

Le but de cet exercice est d'étudier la molécule de kétoprofène puis de vérifier la valeur de sa masse dans un comprimé de Toprec® par un titrage.



Données :

- Masse molaire du kétoprofène : $M=254 \text{ g.mol}^{-1}$;
- Le kétoprofène est soluble dans l'éthanol et très peu soluble dans l'eau ;
- L'eau et l'éthanol sont des solvants miscibles entre eux ;
- Extrait de la notice du Toprec® :

- Composition : kétoprofène 25 mg par comprimé
- Excipients : amidon de blé, lactose
- Ce médicament est utilisé en traitement de courte durée de la fièvre et/ou des douleurs telles que maux de tête, état grippaux, douleurs dentaires, courbatures, règles douloureuses
- Posologie : 1 comprimé à prendre avec un peu d'eau, à renouveler si nécessaire, sans dépasser 3 comprimés par jour.

On note le kétoprofène AH_2 . On cherche à déterminer la masse m_K de kétoprofène contenue dans un comprimé.

Protocole :

- écraser 5 comprimés de Toprec® dans un mortier ;
- ajouter environ 60 mL d'éthanol, on observe la présence de particules non solubles dans l'éthanol correspondant aux excipients ;
- filtrer pour écarter les excipients non dissous ;
- rincer trois fois le papier filtre avec 10 mL d'éthanol ;
- introduire le filtrat dans une fiole jaugée de 100 mL et compléter avec de l'éthanol, on obtient la solution S.
- prélever $V=20,0 \text{ mL}$ de solution S et ajouter quelques gouttes d'indicateur coloré (rouge de crésol) ; titrer par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$) de concentration molaire $C_b = 1,00 \times 10^{-2} \pm 0,2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

La réaction support au titrage s'écrit alors : $AH_2 + 2 HO^- \rightarrow A^{2-} + 2 H_2O$

1. Faire un schéma légendé du dispositif de titrage.

Une série de titrages suivant le protocole ci-dessus permet d'obtenir un volume équivalent de $V_E = (9,8 \pm 0,1 \text{ mL})$.

2. Donner la relation liant la concentration en quantité de matière C_A kétoprofène en fonction des paramètres de l'expérience.

3. Calculer la masse m_K de kétoprofène contenue dans un comprimé

On considère que la principale source d'incertitude réside dans la détermination du volume équivalent.

On admettra alors que l'incertitude sur la masse de kétoprofène, m_K dans un comprimé peut d'écrire :

$$\frac{U(m_K)}{m_K} = \sqrt{\left(\frac{U(C_b)}{C_b}\right)^2 + \left(\frac{U(V_E)}{V_E}\right)^2}$$

4. Calculer l'incertitude relative $\frac{U(m_K)}{m_K}$ puis l'incertitude $U(m_K)$.

5. Donner un encadrement de la masse m_K de kétoprofène présente dans un comprimé de Toprec® et vérifier si les mesures sont compatibles avec les informations de la notice du médicament.

Exercice 2 TITRAGE DU DIOXYDE DE SOUFRE PRÉSENT DANS UN ÉCHANTILLON D'AIR

Doc 1. Principe du titrage :

Le dioxyde de soufre SO_2 est un gaz qui a des propriétés réductrices et qui est présent dans l'air pollué. Quand on fait barboter un grand volume d'air dans un litre d'eau, le dioxyde de soufre va se dissoudre dans l'eau. Il est possible, par la suite, de le titrer en solution à l'aide d'une solution de permanganate de potassium lors d'une réaction d'oxydoréduction. La concentration massique du dioxyde de soufre dans l'air pollué est ainsi déduite de ce titrage.

On a défini un seuil d'alerte de la population pour une teneur en dioxyde de soufre mesurée supérieure à $500 \mu\text{g par m}^3$.

Doc 2. Protocole expérimental :

Une solution S est préparée en faisant barboter $1,00 \times 10^4 \text{ m}^3$ d'air pollué dans $V_0 = 1,00 \text{ L}$ d'eau. Un volume $V_1 = 10,0 \text{ mL}$ de cette solution est placé dans un bécher de 100 mL . La solution violette de permanganate de potassium de concentration $C_2 = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ est ensuite versée goutte à goutte jusqu'à persistance de la coloration.

Doc 3. Calcul d'incertitude

On rappelle les différentes formules intervenant dans la détermination de l'incertitude sur le résultat du mesurage d'un ensemble de n valeurs $\{x_1, x_2 \dots x_n\}$:

$$\text{Écart-type : } \sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \text{ et l'incertitude-type sur la moyenne : } u(\bar{x}) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

Incertitude élargie sur la moyenne : $U(\bar{x}) = k \cdot u(\bar{x})$,

- avec : $k = 1$ pour un niveau de confiance de 68 % ;
 $k = 2$ pour un niveau de confiance de 95 % ;
 $k = 3$ pour un niveau de confiance de 98 % ;

Doc 4. Série de mesure

Afin d'améliorer les résultats, une série de titrage respectant le protocole précédent est réalisé. On obtient alors les résultats suivants pour la masse de dioxyde de soufre présent dans l'air.

mesure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Masse de dioxyde de soufre ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	129	132	131	128	127	130	126	132	126	130

Données : $M_S = 32,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_O = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$.

- Quelle verrerie choisiriez-vous pour prélever avec précision $10,0 \text{ mL}$ de solution S ?
- Sachant que les couples oxydant / réducteur mis en jeu sont : $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) / \text{SO}_2(\text{aq})$ et $\text{MnO}_4^{-}(\text{aq}) / \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$, en déduire que l'équation de la réaction entre les ions permanganate et le dioxyde de soufre est :
$$2 \text{MnO}_4^{-}(\text{aq}) + 5 \text{SO}_2(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) = 4\text{H}^{+}(\text{aq}) + 5 \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2 \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$$
- Définir l'équivalence d'un titrage.
- Donner la relation entre la quantité de matière n_1 de dioxyde de soufre initialement présente dans la solution S et la quantité de matière n_2 d'ions permanganate introduite pour atteindre l'équivalence. Justifier la réponse. (On pourra éventuellement s'aider d'un tableau d'avancement).
- Sachant que le volume équivalent du titrage est $V_{\text{eq}} = 8,0 \text{ mL}$, en déduire la concentration molaire C_1 en dioxyde de soufre dissous de la solution S.
- Calculer la masse m_1 de dioxyde de soufre présente dans $V_0 = 1,00 \text{ L}$ de la solution S.
- En déduire la masse m_2 de dioxyde de soufre gazeux par m^3 d'air pollué.
- Pour une confiance de 95 % en nos résultats, déterminer la masse moyenne ainsi que l'écart type et l'incertitude de la mesure.
- Le seuil est-il atteint ? (Justifier)

Exercice 3 BESOINS EN MAGNÉSIUM

Le magnésium est un oligoélément indispensable à notre organisme. Il intervient dans le bon fonctionnement des systèmes musculaires et nerveux, la santé osseuse et la synthèse des protéines et de l'ADN. L'organisme humain ne peut pas produire ses propres réserves de magnésium aussi faut-il lui en apporter par le biais de l'alimentation.

En France, pour un adulte, l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES) a conseillé un apport en magnésium de 6 mg/jour/kg.

Les cartouches « Edition Mg²⁺ » disponibles pour des carafes filtrantes permettraient de faire consommer une eau enrichie en magnésium. Dans une cartouche filtrante « Edition Mg²⁺ », l'eau passe notamment par une résine échangeuse d'ions qui va éliminer le tartre et les métaux lourds ; les ions calcium présents dans l'eau sont alors remplacés par des ions magnésium [...]

Le but de cet exercice est de vérifier l'efficacité de ces cartouches filtrantes relative au remplacement des ions calcium par des ions magnésium.

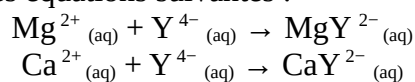
Données

- Masses molaires : $M(\text{Mg}) = 24,3 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{Ca}) = 40,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Méthode de détermination de la concentration totale en ions magnésium et calcium.

La concentration totale en ions magnésium et en ions calcium d'une eau peut être déterminée grâce à un titrage par l'EDTA (acide éthylènediaminetétraacétique) en présence d'un indicateur coloré de fin de réaction et d'une solution tampon permettant de maintenir le pH de la solution entre 9 et 10.

La concentration de la solution d'EDTA utilisée est $c = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

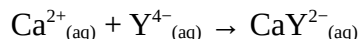
En milieu basique, l'EDTA contient des ions Y⁴⁻ (ions éthylènediaminetétraacétate) qui réagissent avec les ions magnésium (Mg²⁺) et avec les ions calcium (Ca²⁺). Ces transformations chimiques sont modélisables par deux réactions représentées par les équations suivantes :



- Méthode de détermination de la concentration en ions calcium

La concentration en ions calcium d'une eau est déterminée grâce à un titrage par l'EDTA, à un pH supérieur à 12, en présence d'un indicateur coloré de fin de réaction. Dans ce domaine de pH, les ions magnésium forment un précipité. La concentration de la solution d'EDTA utilisée est $c = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

La réaction, support du titrage, modélisant la transformation s'écrit :



Sur de l'eau obtenue après filtration avec une carafe munie de la cartouche « édition Mg²⁺ », on réalise les deux titrages décrits pour déterminer les concentrations des ions magnésium et calcium d'une part et les ions calcium seuls d'autre part. Les deux titrages sont réalisés sur un volume $V = 100,0 \text{ mL}$ d'eau filtrée.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Volumes d'EDTA versés	Eau filtrée
Volume V_E (en mL) d'EDTA versé pour atteindre l'équivalence lors du titrage des ions calcium	8,8
Volume V_E (en mL) d'EDTA versé pour atteindre l'équivalence lors du titrage des ions magnésium et des ions calcium	10,8

1. Pourquoi le titrage des ions calcium seuls est-il réalisé à un pH supérieur à 12 ?
2. Déterminer la concentration en quantité de matière en ions calcium de l'eau filtrée.
3. Montrer que la concentration en quantité de matière en ions magnésium est égale à $0,20 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Un technicien de laboratoire procède à l'analyse de l'eau du robinet non filtrée et fournit les résultats suivants :

Concentrations en quantité de matière	Eau non filtrée
Concentration en quantité de matière des ions calcium	$2,2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$
Concentration en quantité de matière des ions calcium et magnésium	$2,3 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$

4. Les résultats obtenus sont-ils en accord avec les propriétés annoncées pour la carafe filtrante munie de la cartouche « Édition Mg²⁺ » ?
5. Un adulte de masse 70 kg peut-il couvrir ses besoins journaliers en magnésium en consommant uniquement de l'eau filtrée ?

Exercice 4 SAUVONS LA VIGNE !

Un viticulteur possède une parcelle de vigne plantée en 2005 de superficie de 0,57 hectares et dont la production de raisin ne cesse de baisser d'année en année. Cette vigne présente également une carence en fer appelée chlorose ferrique.

Il fait appel à un technicien d'une entreprise de nutrition et stimulation de sols et plantes.

Partie 1 . Enrichissement du sol

Suite à une analyse de sol de cette parcelle de vigne, effectuée en juin 2018, le technicien écrit un rapport dont un extrait figure ci-après :

Doc 1. Extrait du rapport d'expertise.

- Matières organiques (MO) : Quantité actuelle : 28 t/ha. Quantité souhaitée : 44 t/ha.
- IAB (Indice d'activité biologique) : 1,1 % faible.

L'activité biologique semble réduite, seulement 1,1 % de la MO est minéralisée annuellement : la dynamique d'évolution du sol et les capacités d'échange entre le sol et la plante sont insuffisants.

- AZOTE : Stock estimé d'azote disponible pour la vigne : 32 kg/ha. Besoin annuel : 39 kg/ha.

Le technicien conseille alors d'utiliser un engrais organique ORGA 3 ®, recommandé en agriculture biologique. Les caractéristiques de cet engrais vendu en vrac sont présentées sur la figure ci-après.

Doc 2. ORGA 3 ®, engrais organique, utilisable en agriculture biologique.

- Composition : MATIÈRE ORGANIQUE STABLE apportée : 350 kg par tonne de produit brut.
- Dosages sur produit brut : Azote total N : 3 % P₂O₅ : 2 % K₂O : 3 % MgO : 3 %
- Indice d'Activité Biologique (IAB) : + 93 % par rapport au sol témoin non amendé.
- Conditionnements : Poudre homogène à diffusion rapide dans le sol ou granulés utilisables dans tous types d'épandeurs. Conditionné en sacs de 25 kg par palette de 1 350 kg ou maxi-sacs de 500 kg.

1.1 Déterminer la masse, en tonnes, de matière organique (MO) manquante pour cette parcelle.

1.2 En déduire le nombre de maxi-sacs d'engrais que le viticulteur devra commander.

1.3 En plus de l'apport de matière organique (MO), citer deux autres avantages à utiliser cet engrais.

Partie 2 . Traitement de la chlorose ferrique

Le viticulteur informe le technicien qu'il traite la chlorose ferrique en pulvérisant un engrais liquide dont les caractéristiques figurent ci-après. Malgré une légère amélioration, la carence en fer est toujours visible.

Composition :

Solution aqueuse de sulfate de fer II.

5 % en masse de Fer (Fe) soluble dans l'eau.

Ne pas dépasser les doses recommandées.

Masse volumique : 1,15 kg/L.

Le technicien propose de vérifier la teneur en fer de cet engrais. De retour au laboratoire, il effectue d'abord une dilution d'un facteur 50 de l'engrais liquide.

Il décide ensuite de titrer les ions fer, Fe²⁺_(aq), présents dans l'engrais par une solution de permanganate de potassium (K⁺_(aq) + MnO⁴⁻_(aq)) acidifiée de concentration molaire : $C_1 = 5,5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Au cours de ce titrage, la seule espèce chimique colorée est l'ion permanganate MnO⁴⁻_(aq) de couleur magenta.

Données :

Couples oxydant/réducteur : MnO⁴⁻_(aq) / Mn²⁺_(aq) et Fe³⁺_(aq) / Fe²⁺_(aq)

Masse molaire atomique du fer : 55,8 g·mol⁻¹

2.1 Dans la liste suivante, choisir la verrerie nécessaire pour réaliser avec précision la dilution de l'engrais :

- éprouvettes graduées 5, 10 et 25 mL ;
- pipettes jaugées 5, 10 et 20 mL ;
- béchers 50, 250, 500 et 750 mL ;
- fioles jaugées 50, 100, 250 et 500 mL.

2.2 Réaliser le schéma légendé du titrage d'un volume V = 10,0 mL de la solution diluée d'engrais liquide par la solution acidifiée de permanganate de potassium.

2.3 Écrire l'équation de la réaction support de titrage des ions Fe²⁺_(aq) par les ions permanganate MnO⁴⁻_(aq).

2.4 Définir l'équivalence, puis expliquer comment le technicien va repérer l'équivalence de ce titrage.

2.5 Montrer que C_2 , la concentration molaire en fer de l'engrais dilué, est donnée par la relation :

$$C_2 = \frac{5C_1 \cdot V_E}{V}$$

- $V_E = 7,5$ mL volume équivalent ;
- V : volume de solution diluée d'engrais titré (exprimé en mL) ;
- C_1 : concentration de l'ion permanganate (exprimée en mol.L^{-1}).

2.6 Le pourcentage en masse de fer de l'engrais liquide est-il en accord avec l'indication de l'étiquette ?

2.7 Le taux de fer de l'engrais utilisé par le viticulteur n'étant pas en cause, le technicien lui conseille d'essayer une solution à base de fer chélaté ANTYS Fe®, dont les caractéristiques figurent ci-après.

Doc 3. ANTYS Fe®

Correcteur de chlorose ferrique liquide.

Autorisé en Agriculture Biologique, relance l'activité chlorophyllienne, équilibre de la croissance des cultures, résistance des cultures en situation de stress.

Présentation : Bidons de 5 L.

Composition : 35 g / L de fer chélaté qui permet d'augmenter l'absorption du fer et son métabolisme cellulaire.

Conseil d'utilisation :

- Vigne : en pulvérisation foliaire à la dose de 3 L / ha ;
- Gazons, fleurs : en arrosage au sol et conteneur à la dose de 1-2 L / ha.

2.7.1 Quel est l'intérêt d'utiliser ce produit plutôt que l'engrais liquide du viticulteur ?

2.7.2 Déterminer la masse de fer répandue sur la parcelle de vigne étudiée lors d'une application de ce produit respectant les conseils d'utilisation.